

# Подсистема обмена данными в составе системы поддержки принятия решений на основе когнитивного моделирования «ИГЛА»: архитектура и особенности реализации

Ю.В. Зимонина, Р.А. Исаев, А.Г. Подвесовский  
jzimonina@gmail.com | ruslan-isaev-32@yandex.ru | apodv@tu-bryansk.ru  
Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

*Рассматриваются архитектура и особенности реализации подсистемы обмена данными в составе системы поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА», разрабатываемой при участии авторов. Подсистема поддерживает импорт данных о структуре и параметрах когнитивной модели из внешних приложений, а также экспорт данных о когнитивной модели и результатах ее структурно-целевого и сценарного анализа. Помимо этого, в подсистеме реализован модуль построения отчетов, аккумулирующий результаты построения и анализа когнитивной модели в рамках единого документа, который может при необходимости служить технической заготовкой для соответствующей публикации.*

**Ключевые слова:** когнитивное моделирование, нечеткие когнитивные карты, импорт данных, экспорт данных, архитектура.

## The Subsystem of Data Exchange within the Decision Support System Based on Cognitive Modeling “IGLA”: Architecture and Implementation Features

Yu.V. Zimonina, R.A. Isaev, A.G. Podvesovskii  
jzimonina@gmail.com | ruslan-isaev-32@yandex.ru | apodv@tu-bryansk.ru  
Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

*The article considers the architecture and implementation features of the data exchange subsystem as part of the decision support system based on fuzzy cognitive models "IGLA", developed with the participation of the authors. The subsystem supports importing data about the structure and parameters of the cognitive model from external applications, as well as exporting data about the cognitive model and the results of its structural-target and scenario analysis. In addition, the subsystem implements a report building module that accumulates the results of building and analysing a cognitive model in a single document, which can serve as a technical template for the corresponding publication, if necessary.*

**Keywords:** cognitive modelling, fuzzy cognitive maps, data import, data export, architecture.

### 1. Введение

В настоящее время широко применяется когнитивный подход к исследованию слабоструктурированных систем. Методы моделирования систем на его основе принято объединять под общим термином «когнитивное моделирование». В общем виде под когнитивным моделированием понимается исследование структуры системы и процессов ее функционирования и развития путем анализа ее когнитивной модели.

Одной из разновидностей когнитивных моделей, хорошо зарекомендовавшей себя на практике, являются нечеткие когнитивные карты (НКК) Силова [1]. Этот тип НКК допускает представление в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют факторам (концептам), описывающим моделируемую систему, а дуги – причинно-следственным связям между ними, при этом каждая дуга имеет вес, характеризующий интенсивность соответствующего влияния.

В настоящее время наблюдается интерес к программной поддержке когнитивных моделей. Обзор ряда существующих программных систем когнитивного моделирования представлен в работе [2]. Одной из таких систем является разрабатываемая при участии авторов система поддержки принятия решений (СППР) «ИГЛА» (Интеллектуальный Генератор Лучших Альтернатив) [3]. СППР «ИГЛА» позволяет строить нечеткие когнитивные модели, основанные на НКК Силова, выполнять их структурно-целевой и сценарный анализ, на основе чего осуществлять поиск и моде-

лирование управляющих воздействий для приведения исследуемой системы в желаемое целевое состояние.

Система «ИГЛА» реализована в виде Windows-приложения на платформе Microsoft .NET Framework. С учетом стратегии дальнейшего развития системы, было принято решение разработать подсистему обмена данными, реализующую функции импорта и экспорта когнитивных моделей, а также построения отчетов о результатах когнитивного моделирования [4]. В настоящей работе рассмотрены архитектура и особенности реализации данной подсистемы.

### 2. Требования к подсистеме обмена данными

Подробное описание архитектуры и функциональных возможностей системы «ИГЛА» можно найти в [3]. Для дальнейшего изложения приведем диаграмму процесса работы пользователя с системой, в рамках текущей ее версии (рис. 1). Диаграмма построена в соответствии с нотацией BPMN [4].

Единственный вариант обмена данными с использованием файлов на текущий момент – это загрузка и сохранение НКК в XML-формате. Однако работа с внутренней структурой такого файла не предусмотрена для пользователей и применяется исключительно для сохранения и передачи информации между экземплярами приложений СППР «ИГЛА».

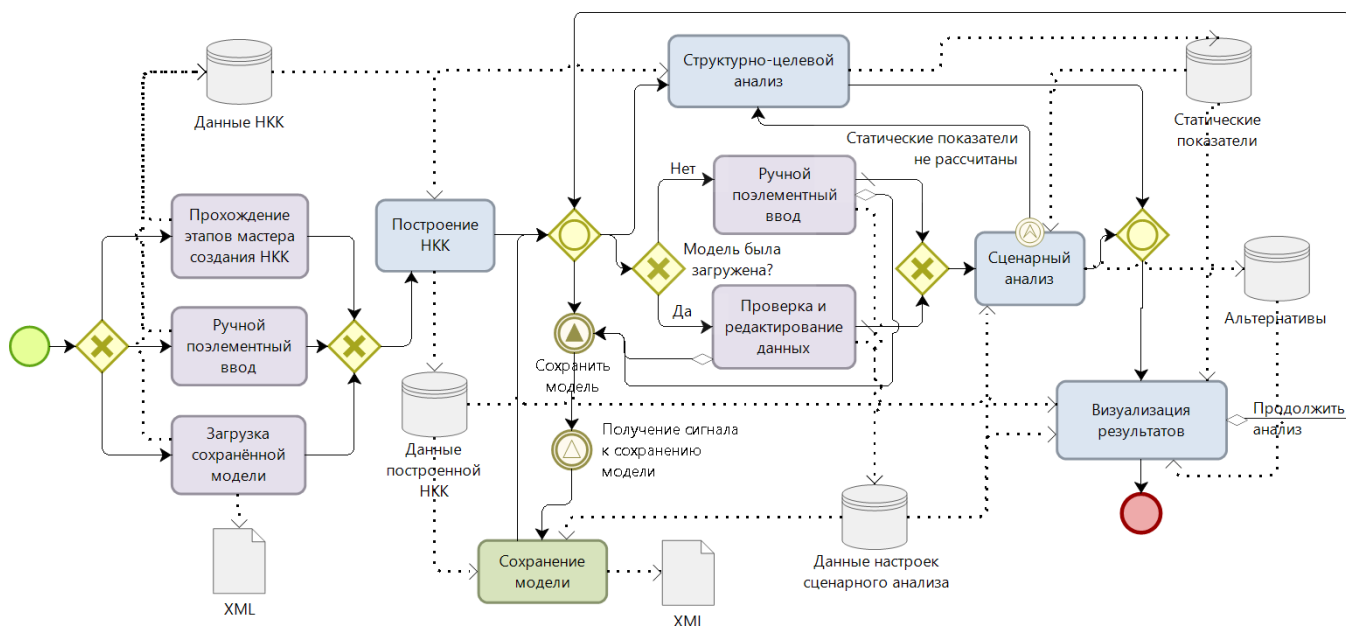


Рис. 1. Диаграмма процесса «Проведение рабочей сессии в СППР «ИГЛА»»

На текущем этапе реализации СППР «ИГЛА» НКК строится либо по результатам прохождения поэтапного процесса в рамках Мастера создания НКК, либо по результатам ручного заполнения необходимых структур данных, доступных для редактирования в рабочей среде окна приложения. Заполнение в обоих вариантах не подразумевает одновременной загрузки набора элементов структур данных, а оперирует добавлением (а также в некоторых случаях описанием и согласованием) каждого элемента по отдельности, что не целесообразно в ряде случаев, требующих импорта заранее сформированных данных о структуре и параметрах когнитивной модели из внешних приложений.

Экспорт данных на текущий момент не осуществляется. Однако, авторы и разработчики системы всегда понимали тот факт, что работа исследователей, применяющих систему «ИГЛА» в своей деятельности, связана с дальнейшей обработкой и интерпретацией результатов моделирования (элементов нечеткой когнитивной модели и результатов ее структурно-целевого и сценарного анализа).

Таким образом, было предложено дополнить функционал системы «ИГЛА» следующими возможностями.

- **Импорт** данных. В качестве импортируемых данных доступны когнитивная матрица и списки концептов. Поддерживаемые форматы для импорта: TXT, CSV, XLS, XLSX, DOC, DOCX (далее этот список может расширяться и дополняться).
- **Экспорт** данных, относящихся к структуре и параметрам НКК, а также результатам ее структурно-целевого и сценарного анализа. Предполагает сохранение данных и их передачу данных в виде объектов во внешние приложения. В зависимости от типа экспортимых данных, поддерживаются форматы текстовые и табличные (TXT, CSV, XLS, XLSX, DOC, DOCX), а также графические (SVG, JPEG, PNG и др.) и контейнеры (HTML).
- **Создание отчетов.** Отчет представляет собой документ, аккумулирующий результаты построения и анализа когнитивной модели с применением системы «ИГЛА». По сути, отчет представляет собой заготовку-прообраз будущей научной публикации, содержащей данные о структуре и параметрах когнитивной

модели и результатах ее структурно-целевого и сценарного анализа. В состав отчета может входить набор данных по предопределенному шаблону, либо самостоятельно сформированный набор данных. Элементом отчета является совокупность данных, объединенных единым форматом представления (таким, как, например, таблица, список, график и т.п.).

С учетом сказанного, была построена новая диаграмма процесса работы пользователя с системой «ИГЛА» (рис. 2). В данную диаграмму включен функционал обмена данными.

### 3. Архитектура подсистемы обмена данными

В результате сформированных требований оригинальная архитектура системы «ИГЛА» была дополнена за счет включения в ее состав подсистемы обмена данными (рис. 3). Данная подсистема включает модули импорта, экспорта и формирования отчетов.

Более детально архитектура подсистемы представлена на рис. 4. Каждый модуль представляет собой самостоятельный подключаемый модуль-«плагин», построенный по принципу трехуровневой архитектуры, уровень хранения данных которого выступает в качестве базы знаний (БЗ) – данных нечеткой когнитивной модели и результатов их анализа, расположенной на серверной части СППР «ИГЛА». Доступ осуществляется посредством обращения к ядру системы. Таким образом, уровень хранения данных физически отделен от остальных логических уровней плагина.

Для ослабления связности между модулями было принято решение дополнить многоуровневую архитектуру каждого из них структурным шаблоном проектирования «Фасад», представляющим из себя объект-интерфейс с низкой степенью детализации, предназначенный для доступа к объектам, имеющим интерфейс с высокой степенью детализации в целях повышения эффективности работы; а также концентрирующий доступ к функциям плагина и скрывающий за собой его структуру и истинную сложность.

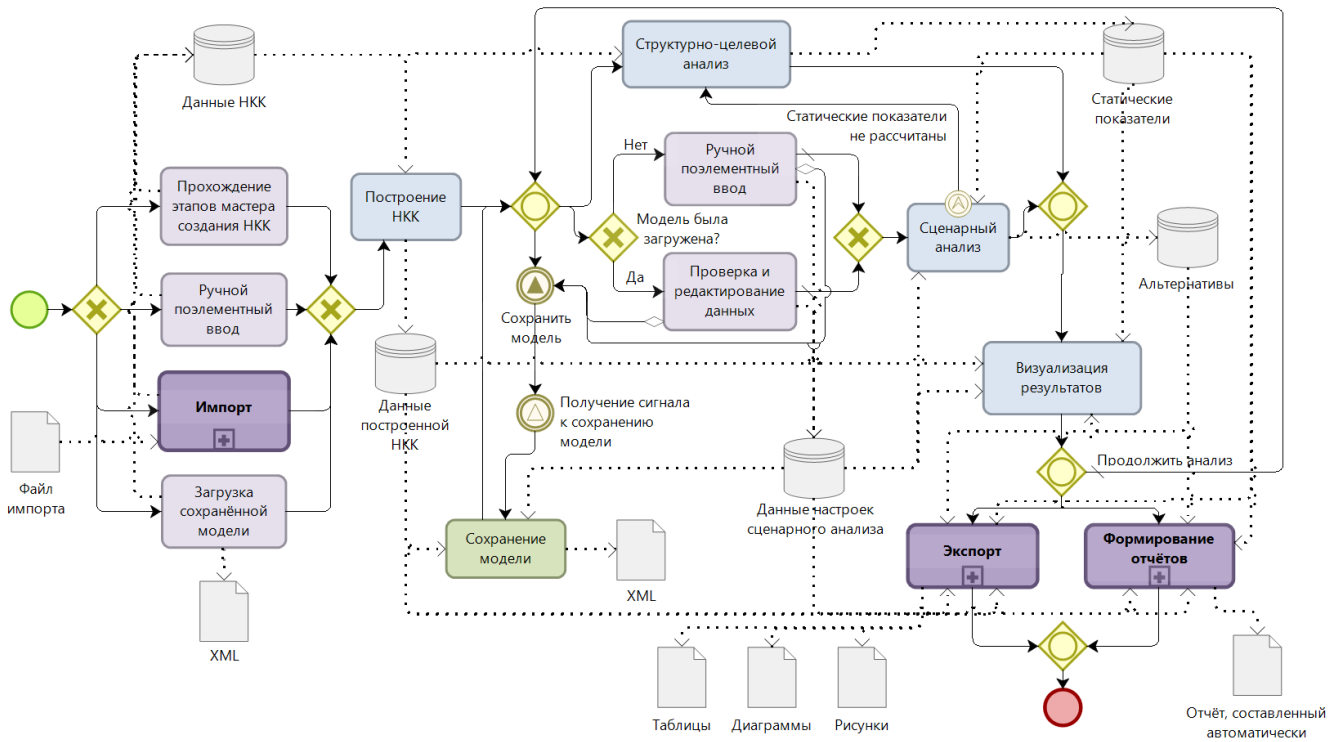


Рис. 2. Диаграмма процесса «Проведение рабочей сессии в СППР «ИГЛА» с включением функционала обмена данными

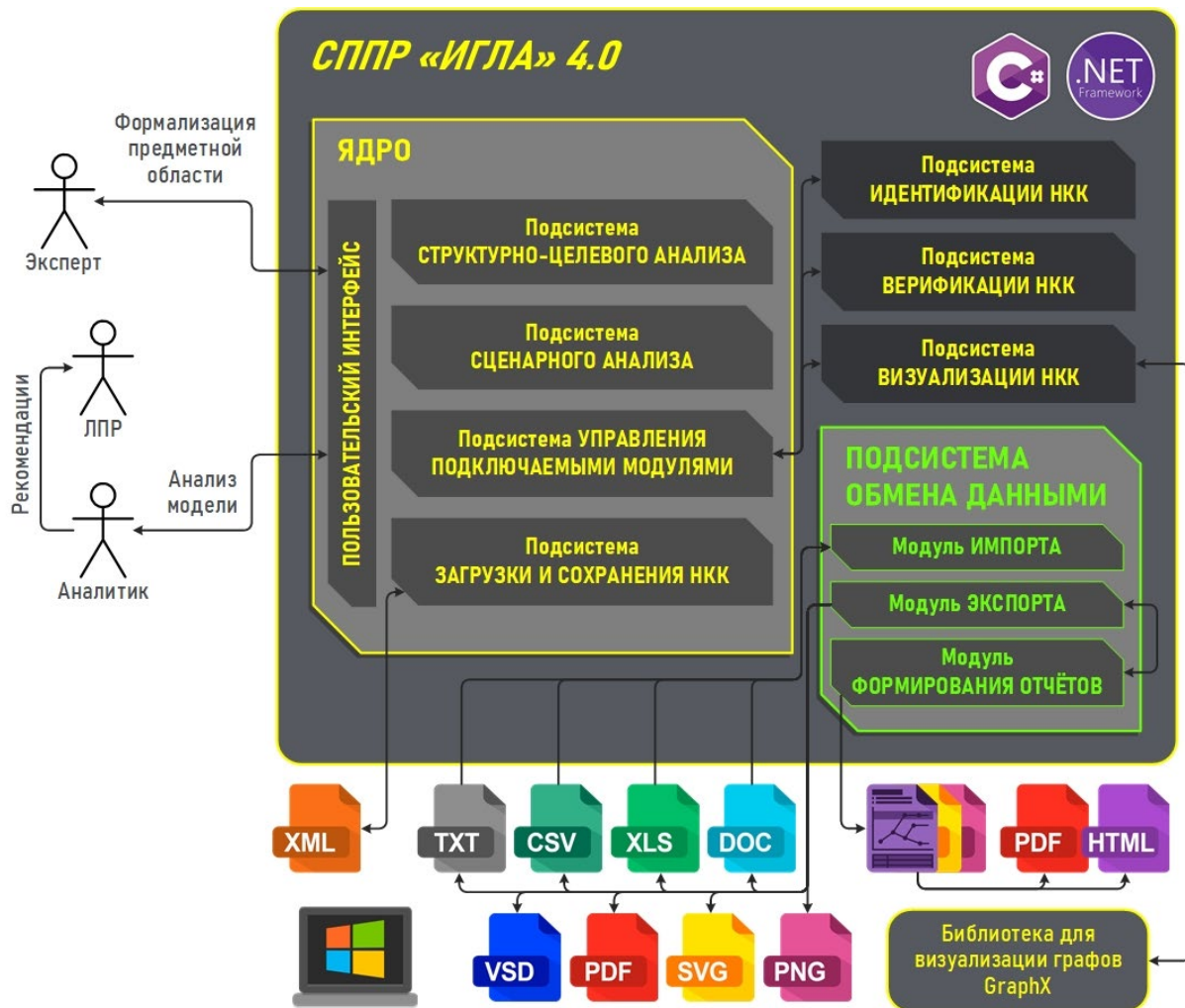


Рис. 3. Архитектура СППР «ИГЛА» с подсистемой обмена данными

На схеме «Будущие плагины-клиенты» – это подключаемые модули, разработка которых возможна в перспективе, но они уже учтены при проектировании таким образом, что при необходимости расширения функционала подсистемы при внедрении в нее новых плагинов – будет существовать возможность использования существующих решений через обращение к фасаду модулей, напрямую, не прибегая к анализу внутренней структуры или повторной реализации функциональных возможностей.

Уровень представления содержит фасад, реализующий лёгкий доступ к выбранным пользователем настройкам в ходе взаимодействия с графическим интерфейсом. Он также ослабляет связность, только уже непосредственно меж-

ду уровнями плагина, что позволяет разрабатывать интерфейс отдельно от логической части модуля.

Особенно стоит выделить данное преимущество в плане дальнейшего развития системы: возможная последующая реконструкция интерфейса и переход с технологии Windows Forms к WPF становится более простой задачей.

Также указаны все форматы файлов, определённые для разработки в первой версии подсистемы. Под «APIs» на схеме подразумевается использование уже готовых библиотек, необходимых для работы с заявленными форматами.

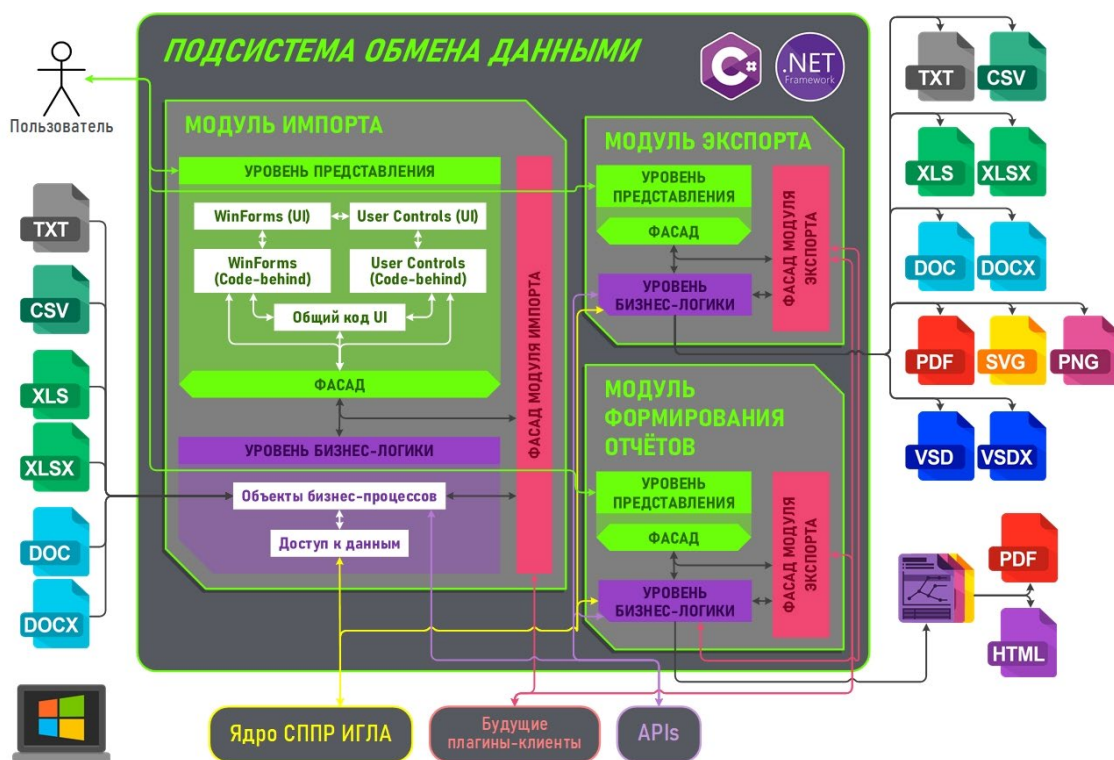


Рис. 4. Архитектура подсистемы обмена данными

#### 4. Особенности реализации модуля построения отчетов

Одной из функций модуля построения отчетов, является формирование отчетов в полуавтоматическом режиме с использованием типовых шаблонов. Поэтому при проектировании данного модуля была поставлена задача формализации состава и структуры отчета с целью формирования набора типовых шаблонов. Для решения этой задачи был проанализирован ряд статей [5-12], в которых описывается применение системы «ИГЛА» при выполнении прикладных исследований. В ходе анализа статей для каждого элемента когнитивной модели была выявлена частота его встречаемости, а также определены связи между элементами и частоты их совместного использования в отчете. Основываясь на этих результатах, был сформирован типовой шаблон отчета – в него вошли элементы, частота встречаемости которых оценена как средняя или выше, с учетом выявленных связей на основе совместной встречаемости.

Модуль построения отчетов реализован в виде мастера отчетов, работа которого организована по следующему принципу: осуществляется выбор типового шаблона, затем происходит выбор и более детальная настройка состава отчета (включаемые элементы и группы, выбранные по

результатам исследования) и его структуры (порядок элементов внутри групп и в отчете). Поддерживаются следующие виды типовых шаблонов: «НКК и ее параметр», «Структурно-целевой анализ», «Сценарный анализ», «Полный анализ». Макет интерфейса мастера отчетов показан на рис. 5.

#### 5. Заключение

В работе описаны архитектура и особенности реализации подсистемы обмена данными в составе СППР на основе когнитивного моделирования «ИГЛА». В настоящее время реализован пилотный прототип подсистемы, и ведется разработка ее полнофункциональной версии. Реализация данной подсистемы позволит расширить функциональные возможности СППР «ИГЛА» в следующих направлениях:

- импорт данных о структуре и параметрах когнитивной модели из внешних приложений;
- экспорт данных о когнитивной модели и результатах ее структурно-целевого и сценарного анализа.

Помимо этого, за счет автоматизации построения отчетов упрощается документирование результатов построения и исследования когнитивных моделей.

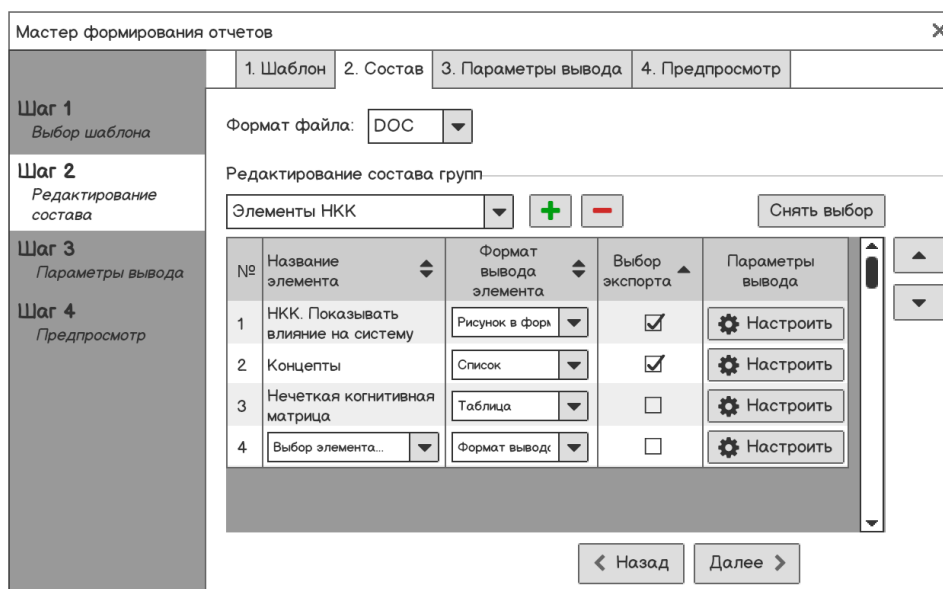


Рис. 5. Макет интерфейса мастера отчетов

## 6. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00844.

## Библиографический список

- [1] Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
- [2] Кулинич, А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. – 2010. – № 3. – С. 2-16.
- [3] Захарова А.А., Подвесовский А.Г., Исаев Р.А. Математическое и программное обеспечение поддержки когнитивного моделирования слабоструктурированных организационно-технических систем // Междунар. конф. СРТ2019. – Нижний Новгород: Изд-во ННГАСУ и НИЦФТИ, 2019. – С. 131-141.
- [4] Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0.2. – Режим доступа: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF>.
- [5] Ерохин Д.В., Лагереv Д.Г., Ларичева Е.А., Подвесовский А.Г. Стратегическое управление инновационной деятельностью предприятия: монография. – Брянск: БГТУ, 2010. – 196 с.
- [6] Орехов В.Д., Причина О.С., Мельник М.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. // Проблемы экономики и юридической практики. – 2018. – № 3. – С. 94-101.
- [7] Копелиович Д.И., Подвесовский А.Г., Сафонов А.Л., Вилуха А.В., Исаев Р.А. Применение нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки. // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 3. – С. 20-35.
- [8] Анохина М.Е. Моделирование стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства. Часть 1 // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 2. – С. 23-34.
- [9] Анохина М.Е. Моделирование стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства. Часть 2 // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 3. – С. 50-53.
- [10] Подвесовский А.Г., Титарев Д.В., Исаев Р.А. Нечеткие когнитивные модели в задачах анализа и планирования программных проектов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2019. – № 8. – С. 22-31.
- [11] Подгорская С.В., Подвесовский А.Г., Исаев Р.А., Тарасов А.С., Бахматова Г.А. Моделирование сценарного развития сельских территорий на основе нечеткой когнитивной модели // Проблемы управления. – 2019. – № 5. – С. 49-59.
- [12] Подгорская С.В., Подвесовский А.Г., Исаев Р.А., Антонова Н.И. Построение нечетких когнитивных моделей социально-экономических систем на примере модели управления комплексным развитием сельских территорий // Бизнес-информатика. – 2019. – № 3. – С. 7-19.

## Об авторах

Зимонина Юлия Валентиновна, магистрант кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета. E-mail: [jzimonina@gmail.com](mailto:jzimonina@gmail.com)

Исаев Руслан Александрович, ассистент кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета. E-mail: [ruslan-isaev-32@yandex.ru](mailto:ruslan-isaev-32@yandex.ru)

Подвесовский Александр Георгиевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета. E-mail: [apodv@tu-bryansk.ru](mailto:apodv@tu-bryansk.ru)